

# TELEMETRY SYSTEM FOR RC AIRPLANE WITH NAVIGATION

**Jakub Orolin**

Bachelor (3), FEEC BUT

E-mail: xoroli01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Háze

E-mail: haze@feec.vutbr.cz

**Abstract:** This project is focused on design of telemetric system for radio controlled aircraft. The output of the system will be relevant flight data such as velocity, altitude, direction of flight, rotation or geographical position on the map. Furthermore, the system will be able to check all internal board status parameters. All these parameters will be displayed in real time in the receiving station, which will include voice navigation for landing. Another part of the receiving station will be flight recorder or a database used for registration of particular information and post- flight analysis.

**Keywords:** airplane, telemetric system, velocity, GPS, Glonass, IMU

## 1 ÚVOD

Predpokladom kvalitnej pilotáže RC (rádiom ovládaných) lietadiel je vedieť, aké informácie o lietadle vo vzduchu sú dôležité. Taktiež je užitočné vedieť tieto informácie po lete analyzovať a tým zlepšiť svoje pilotné zručnosti a vyhodnocovať možné technické problémy, napríklad nízka výška letu nad vedením vysokého napätia, okolité zalesnenie, neprimerané preťaženie a podobne.

Práca je preto zameraná na návrh telemetrického systému pre RC lietadlo s lokáciou polohy. Tento systém poskytne pilotovi letové parametre v reálnom čase vo flexibilnej grafickej aj zvukovej podobe. Zvukový výstup je nevyhnutný z dôvodu maximálnej sústredenosti na samotný let.

## 2 TOPOLOGIA A ZÁKLADNÉ VSTUPY/VÝSTUPY SYSTÉMU

Celý systém je možné rozdeliť na dva hlavné celky. Prvý je vysielací telemetrický systém, ktorý je umiestnený v lietadle. Jeho úlohou je spracovanie získaných údajov zo senzorov, ktoré sú periodicky odosielané do prijímacej stanice. Jednotlivé senzory sú pripojené pomocou konektorov do hlavnej riadiacej jednotky, ktorá je zložená z mikrokontroléra, merača inerciálnych jednotiek, pomocných a napájacích obvodov.

Ďalším hlavným členom je prijímacia stanica reprezentovaná bezdrôtovým modulom pre prenos dát s potrebnými obvodmi nutnými pre jeho správnu funkciu a kompatibilitu pre pripojenie na akékoľvek zariadenie pod operačným systémom Windows pomocou USB (Universal Serial Bus) rozhrania. Jeho úlohou je zobrazovanie údajov a komunikácia s vysielacím telemetrickým systémom.

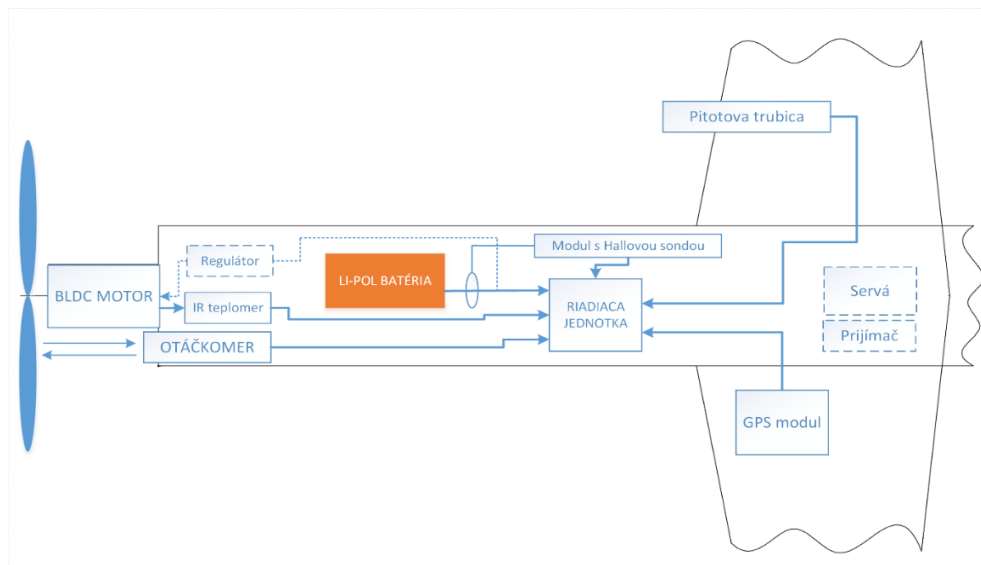
Hlavné elektrické výstupy systému sú napätie jednotlivých Li-Pol(Lítium-Polymérových) článkov a celkový prúd odoberaný z batérie.

Hlavné fyzikálne výstupy systému sú otáčky motora, absolútna rýchlosť, preťaženie v inerciálnej sústave, interná teplota v konštrukcii trupu lietadla a teplota vinutia motora.

Ďalej telemetrický systém poskytuje lokalizáciu pomocou systému GPS/Glonass, ktorý umožní spracovanie jeho aktuálnej geografickej polohy na mape, polohy voči pilotovi, nadmorskej výšky a rýchlosti. Nevyhnutnou súčasťou je zistenie polohy v inerciálnom systéme.

### 3 VYSIELACÍ TELEMETRICKÝ SYSTÉM

Vysielací telemetrický systém je umiestnený v lietadle. Jeho úlohou je spracovanie získaných údajov zo senzorov, ktoré sú periodicky odosielané do prijímacej stanice. Jednotlivé senzory sú pripojené pomocou konektorov do hlavnej riadiacej jednotky, ktorá je zložená z mikrokontroléra, merača inerciálnych jednotiek, pomocných a napájacích obvodov.



**Obrázok 1:** Interné rozloženie jednotlivých častí

Na Obr.1 je graficky znázornené umiestnenie samostatných častí celého vysielacieho telemetrického systému v trupe lietadla. Bloky orámované prerušovanou čiarou nie sú súčasťou systému. Jednotlivé časti musia byť presne umiestnené, aby nedošlo k zmene polohy ťažiska lietadla. Z riadiacej jednotky je pomocou tienenej linky vyvedená komunikačná anténa. GPS/Glonass modul je umiestnený na krídle, kde nebude rušený a tienený.

#### 3.1 POPIS RIADIACEJ JEDNOTKY

Riadiacou jednotkou možno nazvať kompaktnú súčiastkovú základňu, na ktorej sú umiestnené základné bloky distribúcie napájania, mikrokontrolér, konvertory logických úrovní, filtre, IMU jednotka a bezdrôtový vysielací modul. Jadrom riadiacej jednotky je 8-bitový mikrokontrolér ATmega 1284p, ktorý je pre túto aplikáciu dostatočne výpočtovo aj periférne vybavený. Mikrokontrolér bol otestovaný z hľadiska výpočtového výkonu ešte pred implementáciou do riadiacej jednotky.

#### 3.2 REALIZÁCIA OTÁČKOMERU

Jedná sa o jednoduché zariadenie s kompenzáciou externého osvetlenia, ktorého výstupom sú impulzy pre inkrementálny čítač v mikrokontroléri. Modul je napájaný z lineárneho stabilizátora umiestneného na základnej doske riadiacej jednotky. Ďalej obsahuje optický reflexívny spínač zložený z IR fototranzistora a IR LED diódy v jednom púzde, ktorý slúži k detekcii priblíženia vrtuľového listu. Návrh ďalej obsahuje špičkový detektor pre kompenzáciu a uchovanie hodnoty intenzity okolitého osvetlenia, komparátor určený pre porovnanie výstupného napätia z fototranzistora s napätím na špičkovom detektore. Jeho výstup je pripojený na vstup inkrementálneho čítača, ktorý detekuje nábežnú popríklad dobežnú hranu podľa konfigurácie.

#### 3.3 REALIZÁCIA ZÍSKANIA UHLOVÉHO NATOČENIA V 3D PRIESTORE

Princíp funkcie je založený na meraní tiažového zrýchlenia  $g$  pomocou akcelerometra, nepresného uhlového natočenia pomocou gyroskopu a kompasu. Je nutné si uvedomiť, že akcelerometer meria celkové zrýchlenie, v ktorom sú zahrnuté všetky zložky na neho pôsobiace. Tieto zložky, ako sú napríklad vibrácie a akcelerácia lietadla je treba pri meraní uhlového natočenia odstrániť. Pre ich

odstránenie je použitý dolnopriepustný filter, ktorý v ideálnom prípade prepustí len konštantné hodnoty zrýchlenia, medzi ktoré je zahrnuté aj tiažové zrýchlenie. Hornopriepustný filter pracuje ako odľučovač jednosmerného posunu uhlovej rýchlosti získanej z gyroskopu. Pre odľahčenie výpočtov riadiacej jednotky a miniaturizáciu návrhu bol zvolený senzor inerciálnych jednotiek iNEMO Sensor Fusion ST LSM9DS1, ktorý obsahuje vyššie uvedené digitálne filtrácie výstupných veličín. [1]

### 3.4 PITOTOVA TRUBICA

Najpoužívanejšia autonómna metóda merania absolútnej rýchlosti v lietadlách je pomocou Pitotovej trubice. Ide o nepriame meranie pri ktorom sa meria tlaková diferencia z ktorej sa vypočíta rýchlosť prúdenia podľa Bernoulliho rovnice. Pri tomto type meraní si je nutné uvedomiť, že výsledná rýchlosť sa bude líšiť od údajov napríklad z GPS/Glonass systému, pretože do výsledku sa započítava i rýchlosť prúdenia okolitého vzduchu (vetra). [2]

## 4 PRIJÍMACIA STANICA NA ZEMI

Pozemná prijímacia stanica slúži primárne na príjem a následné zobrazenie telemetrických dát na displeji. Ďalej je prispôbena na zaznamenávanie dát do databázy a na základe konfigurácie je schopná pilota zvukovo upozorňovať a navádzať na pristátie.

Schematicky je možné stanicu rozložiť do troch častí a to prijímací bezdrôtový komunikačný modul alebo aj RTX (Receiver-Transmitter), prevodník z UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) na USB (Universal Serial Bus) 2.0 sériové rozhranie, samotná kontrolná-zobrazovacia jednotka, v našom prípade notebook, mobilný telefón s operačným systémom Windows 10 a napájacie obvody.

## 5 ZÁVER

Cieľom tejto práce bolo preskúmať a navrhnúť riešenia telemetrického systému s navigáciou pre RC lietadlo. Nielen z dôvodu funkčnosti ale i z dôvodu univerzálnosti je celý systém rozložený hierarchicky a modulárne: na časti prijímacej stanice a vysielacieho telemetrického systému, ktorý sa ďalej člení na riadiacu jednotku a fyzicky pripojiteľné senzorické moduly. Návrh prijímacej stanice vyžadoval znalosti o požiadavkách pilotov ako sú napríklad prehľadnosť zobrazovaných telemetrických dát na displeji mobilného telefónu alebo počítača. Ďalšou dôležitou súčasťou prijímacej stanice bola implementácia navigačno-pozíčného systému, ktorý dokáže na displeji zobrazovať aktuálnu polohu lietadla na mape a orientáciu v trojrozmernom priestore. Systém je v štádiu testovania a dokončovania programovej výbavy tak, aby bol plne pripravený na implementáciu do lietadla.

## REFERENCIE

- [1] Everything about STMicroelectronics 3-axis digital MEMS gyroscopes. *STMicroelectronics* [online]. Geneva: STMicroelectronics, 2011 [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: [http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/technical\\_article/59/f5/1a/06/82/b5/4c/57/DM00034730.pdf/files/DM00034730.pdf/jcr:content/translations/en.DM00034730.pdf](http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/technical_article/59/f5/1a/06/82/b5/4c/57/DM00034730.pdf/files/DM00034730.pdf/jcr:content/translations/en.DM00034730.pdf)
- [2] Pitot-Static(Prandtl) Tube. *NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION* [online]. Cleveland: Nancy Hall, 2015 [cit. 2016-12-03]. Dostupné z: <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/pitot.html>